

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 2 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 3 8 5 3 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 3 8 5 3 0]

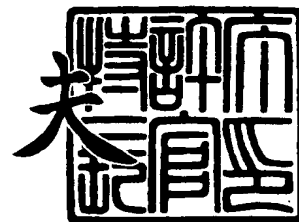
出 願 人 株式会社日立製作所
Applicant(s):

U.S. Appln. Filed 3-1-04
Inventor: S. Ogawa et al
mattingly stanger + malur
Docket H&A-147

2 0 0 4 年 2 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 8 7 5 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 H300867
【提出日】 平成15年 9月29日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G11B 5/31
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県比企郡鳩山町赤沼 2 5 2 0 番地 株式会社 日立製作所
 基礎研究所内
 【氏名】 小川 晋
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県比企郡鳩山町赤沼 2 5 2 0 番地 株式会社 日立製作所
 基礎研究所内
 【氏名】 伊藤 顕知
【特許出願人】
 【識別番号】 000005108
 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所
【代理人】
 【識別番号】 100091096
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 平木 祐輔
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 015244
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

第 1 の強磁性金属層、前記第 1 の強磁性金属層の上に形成された非磁性金属層及び前記非磁性金属層の上に形成された第 2 の強磁性金属層を含む多層膜に対向させて金属探針を位置決めするステップと、

前記多層膜と前記金属探針との間に電圧を印加し、前記金属探針が対向している前記多層膜の領域に前記印加電圧に応じた磁化を形成して磁化情報を書き込むステップと、

前記金属探針と前記多層膜との間に光を入射させ、プラズモンを誘起させながら前記金属探針と前記多層膜との間に流れるトンネル電流を検出するステップと、

前記検出したトンネル電流に基づいて前記多層膜に書き込まれた磁化情報を読み出すステップとを含むことを特徴とする磁化情報記録再生方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の磁化情報記録再生方法において、前記金属探針と前記多層膜との間に入射させる光の波長は、前記第 1 と第 2 の強磁性金属層の磁化の方向が互いに平行なときプラズモン共鳴を起こす波長あるいは互いに反平行なときプラズモン共鳴を起こす波長であることを特徴とする磁化情報記録再生方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の磁化情報記録再生方法において、前記トンネル電流を検出するステップでは、前記金属探針と前記多層膜との間に入射させる光の偏光状態を一定周波数で変調し、前記トンネル電流の前記変調周波数成分を検出することを特徴とする磁化情報記録再生方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載の磁化情報記録再生方法において、前記トンネル電流を検出するステップでは、前記金属探針と前記多層膜との間に入射させる光の波長を前記第 1 と第 2 の強磁性金属層の磁化の方向が平行なときプラズモン共鳴を起こす波長と前記第 1 と第 2 の強磁性金属層の磁化の方向が反平行なときプラズモン共鳴を起こす波長との間で一定周波数で変調し、前記トンネル電流を前記変調周波数で位相敏感検波することを特徴とする磁化情報記録再生方法。

【請求項 5】

請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の磁化情報記録再生方法において、前記磁化情報を書き込むステップでは、前記印加電圧に応じて前記第 1 と第 2 の強磁性金属層の磁化方向を局部的に互いに平行又は反平行に変化させることを特徴とする磁化情報記録再生方法。

【請求項 6】

第 1 の強磁性金属層、前記第 1 の強磁性金属層の上に形成された非磁性金属層及び前記非磁性金属層の上に形成された第 2 の強磁性金属層を含む多層膜を備える記録媒体と、

前記記録媒体に対向させて配置した金属探針と、

前記金属探針と前記記録媒体の間に電圧を印加する電圧印加手段と、

前記金属探針と前記記録媒体の間に光を入射させる光入射手段とを含むことを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の磁化情報記録再生装置において、

前記光入射手段は、前記第 1 と第 2 の強磁性金属層の磁化の方向が互いに平行なときプラズモン共鳴を起こす波長の光あるいは互いに反平行なときプラズモン共鳴を起こす波長の光を入射させ、

前記金属探針と前記記録媒体の間に流れるトンネル電流を検出する手段を備えることを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の磁化情報記録再生装置において、

前記光入射手段は、入射させる光の偏光状態を一定周波数で変調し、

前記検出したトンネル電流の前記変調周波数成分を検出する手段とを備えることを特徴

とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 9】

請求項 6 記載の磁化情報記録再生装置において、

前記光入射手段は、入射させる光の波長を、前記第 1 と第 2 の強磁性金属層の磁化の方向が互いに平行なときプラズモン共鳴を起こす波長と前記第 1 と第 2 の強磁性金属層の磁化の方向が互いに反平行なときプラズモン共鳴を起こす波長との間に一定周波数で変調し

、前記金属探針と前記記録媒体の間に流れるトンネル電流を検出する手段と、

検出されたトンネル電流を前記変調周波数で位相敏感検波する手段とを備えることを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 1 0】

請求項 6 ～ 9 のいずれか 1 項記載の磁化情報記録再生装置において、前記記録媒体を回転駆動する手段と、一端が回転可能に支持され他端側が上記円板状記録媒体に延伸されたアームの先端部に設けられているスライダとを有し、前記金属探針は前記スライダの下面に設置されていることを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 記載の磁化情報記録再生装置において、前記スライダは、半導体レーザからの光を前記金属探針の先端付近に導波、入射する手段を有することを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の磁化情報記録再生装置において、前記金属探針は先鋭な先端パターン構造を有する金属薄膜からなることを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 1 3】

請求項 6 ～ 1 2 のいずれか 1 項記載の磁化情報記録再生装置において、前記第 2 の強磁性金属層は、記録される情報単位毎に空間的に分割されていることを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 1 4】

請求項 6 ～ 1 3 のいずれか 1 項記載の磁化情報記録再生装置において、前記記録媒体は、前記第 1 の強磁性金属層の下層に反強磁性層を有することを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【請求項 1 5】

請求項 6 ～ 1 4 のいずれか 1 項記載の磁化情報記録再生装置において、前記金属探針が所定の間隔で複数設置され、個々の金属探針ごとに磁化情報の記録再生を行うことを特徴とする磁化情報記録再生装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】磁化情報記録再生方法及び装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁化情報の記録及び再生を行う方法並びにその装置に関し、特に、高密度記録に適した新規な磁化情報記録再生方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来のハードディスクドライブ装置（HDD）における磁化情報の書き込みには、コイルから発生する磁界を用いた磁気ヘッドによる書き込み手法が用いられている。HDDの記録密度はさらなる高密度化が求められており、高密度化による記録ドメインの微細化に対応して磁気ヘッドが微細化していくと、磁気ヘッド先端部に生じる反磁界成分の影響により磁気ヘッドから発生可能な磁界の強度が減少することが知られている。また、記録ドメインが微小になると、記録ドメインに書き込まれた磁化の方向が熱的に不安定になり、この熱的不安定性を克服するために、記録媒体として磁気異方性のより大きな材料が必要となるため、より大きな書き込み磁場を発生できる記録ヘッドが必要とされる。従って、超高密度記録における磁化書き込み手法においては、従来の磁気ヘッドにかわる書き込み手法が求められている。一方、磁気ランダムアクセスメモリ（MRAM）に代表される不揮発性磁化を用いた固体メモリにおいても、従来の電流を用いた磁化書き込み手法では、微細化に伴い消費電力が増大することが知られている。これら電流により生じる磁場を用いた磁化書き込み手法に代わる手法として、スピン注入磁化反転を用いた書き込み手法が提案されている。これはスピン偏極電子を磁性体に注入することにより磁化領域の反転を行ない磁化の書き込みを行なう手法であるが、書き込み電流の閾値が 10^7 A/cm^2 と大きいため、消費電力の点から改良が必要である。

【0003】

別の書き込み手法として、電界を用いた磁化制御手法が提案されている。例えば、非特許文献1に記載の手法は、強磁性体金属層／半導体層／強磁性体金属層の積層膜構造において、半導体層中のキャリア濃度を電界により制御することにより二つの強磁性体金属層間に生じる交換相互作用を制御して、強磁性体金属層の磁化状態を制御するものである。非特許文献2に記載の手法は、強磁性体金属層／非磁性金属層／絶縁体層／強磁性体金属層のように強磁性体金属層／非磁性金属層／強磁性体金属層の三層膜構造の内部に絶縁体層を設け、二つの強磁性金属層間に電圧を印加することによりこれら強磁性体金属層間に生じる交換相互作用を制御し、磁化状態を制御するものである。特許文献1に記載の手法は、強磁性体金属層／非磁性金属層／強磁性体金属層の三層膜構造の外部に半導体層を設け、強磁性金属層と半導体層との界面に生じるショットキー障壁の幅や高さを電界で制御することにより強磁性体金属層間に生じる交換相互作用を制御し、磁化反転を生じさせるものである。

【0004】

これらの電界による磁化制御技術は、高密度記録が可能であり、かつ消費電力の低い技術として有望である。ちなみに、金属探針の表面からの位置の一般的な制御方法としては、トンネル電流を用いる方法や、例えば特許文献2の光てこ方式による制御方法が知られている。

【0005】

一方、書き込まれた磁化の情報を読み出すためには、GMR（Giant Magneto-resistance）効果を用いた素子が用いられている。しかし、高密度化による記録単位の狭小化に伴い、より高感度で、記録媒体との距離をより小さくできる素子が求められている。従来のGMR素子は、素子の膜厚を小さくすることができないために記録媒体との距離を小さくすることが困難である。一方、より高感度が期待されるTMR（Tunneling Magneto-resistance）効果を用いた素子も、トンネル効果を用いることで素子自体の抵抗が大きいことからGHzレベルの動作に耐えられるか懸念されており、新しい読み出し手法の開発が期

待されている。

【0006】

金属探針を用いた磁化情報の読み出し手法として、例えば、特許文献2には、強磁性体金属層／非磁性金属層／強磁性体金属層の三層膜構造の電子状態が、磁化方向に依存して変化することを用いて、トンネル電流により検出する方法が記載されている。また、例えば、特許文献3には、記録媒体にプローブ電極を対向配置し、電圧を印加することにより励起された記録媒体の発光状態を光検出する手法が記載されている。これらの金属探針による磁化検出技術は、nmオーダーの情報を再生する技術として有望である。

【0007】

磁化検出技術ではないが、金属表面に金属探針を近づけて光を照射した場合、トンネル電流が増大することが知られている。例えば、非特許文献3には、金属表面と金属探針との間に光を照射しプラズモンを励起することで、大きな直流電流が流れることが記載されている。

【0008】

【特許文献1】特開2001-196661号公報

【特許文献2】特開平11-73906号公報

【特許文献3】特開平5-250735号公報

【特許文献4】特開2000-215627号公報

【非特許文献1】Mattson et al, Phys. Rev. Lett. 71, 185 (1993)

【非特許文献2】Chun-Yoel Youi et al., J. Appl. Phys., 87, 5215 (2000)

【非特許文献3】N.Kroo et al, Europhys.Lett., 15, 289(1991)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献2は、金属探針を用いた磁化制御／検出方法において、書き込まれた磁化状態を読み出す方法として、磁化の平行、反平行状態の違いを反映するトンネル電流を用いる方法を記載している。この手法は、通常のSTS (scanning tunneling spectroscopy) 技術を用いたものであり、金属探針と媒体表面とが1nm程度離れている時に測定電流は通常nA程度である。一方、テラバイト級のHDDにおいては磁化情報の読み出し速度として、少なくとも1GHz (10⁹ 回/s) 程度が要請されている。STS技術のようなトンネル過程を用いた検出手法においては、ショットノイズが原理的に不可避である。例えば1GHzの動作速度において、20dBのS/N比を持たせるためには、μA程度のトンネル電流を流す必要がある。金属探針を媒体表面にさらに近付けることで、測定電流値をより増大させることは可能であるが、この場合、金属探針と媒体表面とが接触し、金属探針が変形／損傷する可能性が高くなってくる。

【0010】

本発明は、金属探針を媒体表面からなるべく離れた状態で、かつ書き込まれた磁化状態をGHzレベルの動作速度で読み取ることができる新たな磁化検出手法を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明では、磁化状態の書き込み方法として、強磁性金属層／非磁性金属層／強磁性金属層の少なくとも3層膜構造を持つ多層膜媒体における磁化状態を、多層膜表面に対向して配置した金属探針により制御する方法を採用する。この3層薄膜構造の外側に保護膜、例えばAuの保護膜があってもよい。金属探針をこの多層膜に近付け、もしくは更に電界を印加すると、多層膜表面のイメージポテンシャルを変調することが可能であり、このイメージポテンシャルの変調によって多層膜中に形成されている量子準位のエネルギーが変化するため、強磁性金属層間に働く交換相互作用の正負、すなわち磁化状態を変化させることが可能である。

【0012】

次に、この多層膜中に書き込まれた磁化情報を読み取るために、多層膜と金属探針間に光を照射する。多層膜中の2つの強磁性金属層の磁化の平行／反平行に依存してプラズモン共鳴周波数が異なるため、入射光の波長を適当に選ぶことにより、金属探針－多層膜間のプラズモン共鳴／非共鳴を制御することが可能である。金属探針－多層膜間にプラズモンが励起されると、トンネル電流が3桁程度増大するため、GHzレベルの読み取り動作に耐えるトンネル電流を得ることができる。また、金属探針先端に励起されたプラズモンからの発光の強度や偏光状態の変化を測定することで、多層膜中の磁化の平行／反平行を読み取ることも可能である。

【0013】

すなわち、本発明による磁化情報記録再生方法は、第1の強磁性金属層、第1の強磁性金属層の上に形成された非磁性金属層及び非磁性金属層の上に形成された第2の強磁性金属層を含む多層膜に対向させて金属探針を位置決めするステップと、多層膜と金属探針との間に電圧を印加し、金属探針が対向している多層膜の領域に印加電圧に応じた磁化を形成して磁化情報を書き込むステップと、金属探針と多層膜との間に光を入射させ、プラズモンを誘起させながら金属探針と多層膜との間に流れるトンネル電流を検出するステップと、検出したトンネル電流に基づいて多層膜に書き込まれた磁化情報を読み出すステップとを含む。

【0014】

金属探針と前記多層膜との間に入射させる光の波長は、前記第1と第2の強磁性金属層の磁化の方向が互いに平行なときプラズモン共鳴を起こす波長あるいは互いに反平行なときプラズモン共鳴を起こす波長とすることができる。このとき、入射させる光の偏光状態を一定周波数で変調し、トンネル電流の変調周波数成分を検出するようにしてもよい。

【0015】

また、金属探針と多層膜との間に入射させる光の波長を、第1と第2の強磁性金属層の磁化の方向が平行なときプラズモン共鳴を起こす波長と反平行なときプラズモン共鳴を起こす波長との間で一定周波数で変調してもよい。この場合、トンネル電流を変調周波数で位相敏感検波することで、多層膜に書き込まれた磁化情報を読み出すことができる。

【0016】

本発明による磁化情報記録再生装置は、第1の強磁性金属層、第1の強磁性金属層の上に形成された非磁性金属層及び非磁性金属層の上に形成された第2の強磁性金属層を含む多層膜を備える記録媒体と、記録媒体に対向させて配置した金属探針と、金属探針と記録媒体の間に電圧を印加する電圧印加手段と、金属探針と前記記録媒体の間に光を入射させる光入射手段とを含む。

【0017】

光入射手段は、第1と第2の強磁性金属層の磁化の方向が互いに平行なときプラズモン共鳴を起こす波長の光あるいは互いに反平行なときプラズモン共鳴を起こす波長の光を入射させるものとしてことができ、金属探針と記録媒体の間に流れるトンネル電流を検出する手段を備えることができる。このとき、入射させる光の偏光状態を一定周波数で変調し、検出したトンネル電流の変調周波数成分を検出するようにしてもよい。

【0018】

また、光入射手段は、入射させる光の波長を、第1と第2の強磁性金属層の磁化の方向が互いに平行なときプラズモン共鳴を起こす波長と第1と第2の強磁性金属層の磁化の方向が互いに反平行なときプラズモン共鳴を起こす波長との間に一定周波数で変調するものとし、金属探針と記録媒体の間に流れるトンネル電流を検出する手段と、検出されたトンネル電流を変調周波数で位相敏感検波する手段とを備える構成とすることができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、非接触の高密度、低消費電力、磁化記録／検出方法及び装置が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下に図を参照して、本発明による金属探針を用いた磁化検出原理、及びその実施例を説明する。理解を容易にするために、以下の図において同等の機能を示す部分には同じ符号を付して説明する。

【実施例1】

【0021】

図1は、本発明による磁化情報記録再生装置の一例を示す概念図である。この磁化情報記録再生装置は、磁気記憶媒体50とこれに対面して設けられた金属探針5及び入射光120を主要な構成要素とする。

【0022】

磁気記憶媒体50は、基板100上に順次積層して形成された強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3、保護膜4よりなる多層膜41より構成されている。この多層膜41の保護膜4の面に対向して、1nmオーダーの極めて近い距離に金属探針5が配置される。金属探針5は、ハードディスク装置におけるのと同様のスライダ機構6によって保持される。保護膜4と金属探針5との距離を制御するために、別途トンネル電流をフィードバック信号として用いても良く、また、原子間力顕微鏡における光てこ方式を用いてフィードバック信号を生成してもよい。また、距離制御用の探針を以下に述べる電界制御用金属探針5とは別に設けても良い。

【0023】

多層膜41を構成する強磁性金属層1及び3としては、例えばFe、Co、Ni、等の強磁性単体金属又はCoFe、NiFe、CoNiなどの合金が使用できる。非磁性金属層2としては、例えばAu、Ag、Cu、Pt、Pd等の金属が使用できる。保護膜4は例えばAuのような非磁性貴金属を用いるが、保護膜4は無くてもよい。ちなみに本実施例では、強磁性金属層1、3としてFe、非磁性金属層2としてAu、保護膜4としてAuを用いた。

【0024】

多層膜41中のフェルミ準位近傍の電子は多層膜41中に閉じ込められており、その閉じ込められた状態に応じて図1に模式的に示すような種々の量子井戸状態7~10を形成する。

【0025】

図1の右半分の領域は、強磁性金属層1及び3の磁化の方向が長い矢印で示すように平行な場合であり、この場合には、その磁化と反平行な短い矢印で示す電子スピンを持つ電子の状態は参照符号8のように非磁性金属層2中にほぼ閉じ込められる。これに対し、磁化と平行な短い矢印で示す電子スピンを持つ電子の状態は参照符号7のように多層膜41中の全体に閉じ込められる。

【0026】

一方、図1の左半分の領域は、強磁性金属層1及び3の磁化の方向が反平行な場合であり、この場合には、電子の状態はそのスピンの向きに依存して参照符号9で示すように、膜1~2中に閉じ込められ、あるいは、参照符号10で示すように、膜2~3中に閉じ込められる。

【0027】

これらの量子井戸を形成する電子の状態は、強磁性金属層1及び3の磁化の方向に依存するだけでなく、多層膜41の表面（保護膜4の表面）の状態に敏感に依存する。多層膜41の表面である保護膜4の表面に金属探針5を近づけると、保護膜4と金属探針5のイメージポテンシャルが重なり合い、量子井戸電子を閉じ込めている実効的なポテンシャルが変形する。

【0028】

本例の磁化情報記録再生装置は、保護膜4の表面と金属探針5との距離を所定値に維持した状態で、多層膜41と金属探針5との間に電圧 E_0 又は $-E_0$ を印加できるようにしている。すなわち、スイッチ17又は18を選択的にオンとして、多層膜41と金属探針

との間に電圧 E_0 。又は $-E_0$ を印加すると、保護膜 4 の表面における閉じ込めポテンシャルが変化する。その結果、量子井戸電子を閉じ込める境界条件が変化するため、量子井戸電子のエネルギー準位が変化する。この量子井戸準位のエネルギーが変化するにより、強磁性金属層 1 と強磁性金属層 3 との相対的な磁化の方向が変化するため、強磁性金属層 1 と強磁性金属層 3 の磁化が平行か反平行かで情報を記録することができる。また、例えば、強磁性金属層 1 及び 3 / 非磁性金属層 2 の組み合わせが Co/Pd , Co/Pt , Fe/Pt の場合は、磁化方向が膜面に垂直方向であるが、同様に量子井戸準位を制御することが可能である。

【0029】

多層膜 4 1 に書き込まれた磁化情報は、スイッチ 1 6 をオンにし、多層膜 4 1 と金属探針との間に電圧 E ($|E| \ll |E_0|$) を印加し、金属探針 5 と多層膜 4 1 との間に流れるトンネル電流 1 5 を用いて読み出すことができる。これは、強磁性金属層 1 と強磁性金属層 3 の磁化が平行か反平行かで、多層膜 4 1 中に形成される量子井戸電子のエネルギー準位が変化するため、一定電圧 E のもとで測定されるトンネル電流が、磁化方向に依存して変化するからである。

【0030】

磁化情報をトンネル電流により読み出す際に、半導体レーザからの光 1 2 0 を、金属探針 5 と保護膜 4 との間近傍に照射する。入射光のエネルギーを適当に選ぶことにより、金属探針 5 と保護膜 4 との間にプラズモンを励起することが可能である。

【0031】

図 2 は、強磁性金属層 1 と強磁性金属層 3 の磁化が平行か反平行かで、保護膜 4 中に形成される量子井戸電子のエネルギー準位が 0.1 eV 上下にずれた場合の、保護膜 4 の誘電関数の実部の変化を見積もったものである。ここで保護膜 4 の材質は Au である。図中の実線は、バルクの Au の誘電関数の実部であるが、保護膜 4 中に形成される量子井戸状態が、強磁性金属層 1 及び 3 の磁化が平行か反平行かに依存して 0.1 eV 上下に変化することで、誘電関数の実部は点線もしくは一点鎖線のように変化する。誘電関数の実部が -1 になるエネルギーが、プラズモン共鳴を起こすエネルギーである。保護膜 4 中に形成される量子井戸準位のエネルギーが $-0.1 \sim 0.1 \text{ eV}$ ずれることで、共鳴エネルギーは 2.6 から 3.4 eV のように大きく変化する事がわかる。

【0032】

図 3 は、入射光 1 2 0 のエネルギーをプラズモン共鳴エネルギー近傍に設定した時のトンネル電流の大きさを、金属探針 5 と保護膜 4 との間のバイアス電圧 E の関数として示したものである。入射光 1 2 0 をオンすることにより、光なしの時に比べてトンネル電流を増大させることが可能である。特に、バイアス電圧が 0 V 近傍では、3桁程度トンネル電流を増大させることが可能であり、入射光 1 2 0 をオンすることで、 nA レベルのトンネル電流を μA レベルまで増幅することが可能である。

【0033】

図 4 は、強磁性金属層 1 と強磁性金属層 3 の磁化が反平行の時のプラズモン共鳴エネルギーに入射光 1 2 0 のエネルギーを設定した場合の、トンネル電流 1 5 の変化を、記録位置の関数として示したものである。図 2 に示したように、強磁性金属層 1 と強磁性金属層 3 の磁化が平行か反平行かに依存してプラズモン共鳴エネルギーが変化するため、トンネル電流 1 5 の大きさが、強磁性金属層 1 及び 3 の磁化が平行か反平行かに依存して変化する。図 4 では、磁化が反平行の場合にプラズモン共鳴が起きるように入射光 1 2 0 のエネルギーを設定しているため、反平行の場合にトンネル電流が増大しているが、逆に磁化が平行の場合にプラズモン共鳴が起きるように入射光 1 2 0 のエネルギーを設定してもよい。その場合には、トンネル電流 1 5 は磁化が平行の場合に増大するようになる。

【0034】

図 5 に示すように、入射光 1 2 0 の光路中に偏光板 1 9 を入れることにより、入射光 1 2 0 の偏光方向を制御することが可能である。トンネル電流の増大は入射光 1 2 0 の偏光方向が金属探針 5 の軸方向 (P 偏光) の時に顕著に観測され、偏光方向が探針の軸に垂直

方向 (S 偏光) の時はあまり大きな増大効果はみられなかった。金属探針の軸方向の偏光 (P 偏光) を用いることで、記録された磁化の方向を μA レベルのトンネル電流で読み出すことができ、GHz レベルの読み出し動作が 20 dB 程度の S/N 比で可能である。なお、金属探針 5 先端と多層膜 4 1 間に生じるプラズモンからの発光強度 121 を光検出器 122 で検出してもトンネル電流検出と同様の効果が得られる。

【0035】

図 6 は、入射光 120 の偏光方向の関数として、金属探針 5 と保護膜 4 との間に流れるトンネル電流の大きさを示したものである。ここでは、記録磁化が反平行の時にプラズモン共鳴が起きるように入射光 120 の波長を選んでいる。記録磁化が反平行の時に、平行の時に比べてプラズモン共鳴により、より大きなトンネル電流が流れている。

【0036】

図 7 に示すように、偏光板 19 を通った直線偏光は、ポッケルスセル 130 に半波長電圧を印加することで直線偏光の方向を 90 度変化させることが可能である。ここで、交流電源 132 からの出力をポッケルスセル 130 に印加することにより、入射光の偏光状態を変調しながら、トンネル電流 134 の変調周波数成分 136 をロックインアンプ 135 により検出する。図 6 から明らかなように、磁化が反平行の場合のトンネル電流の変化量は、平行の場合の変化量に比べて大きくなるため、参照周波数入力 133 を交流電源 132 から入力したロックインアンプ 135 により変調周波数におけるトンネル電流 134 の変化量を検出することにより、より S/N 良く記録磁化方向を検出することが可能である。

【0037】

図 8 は、入射光 120 の波長の関数として、金属探針 5 と保護膜 4 との間に流れるトンネル電流の大きさを示したものである。ここでは、記録磁化が反平行の時にプラズモン共鳴が起きる波長を λ_{AP} 、記録磁化が平行の時にプラズモン共鳴が起きる波長を λ_P としている。ここで図 9 に示すように、注入電流変調源 141 を用いて、波長変調レーザ 140 からの光 120 の波長を変調しながら、トンネル電流の変調周波数成分 136 をロックインアンプ 135 により検出する。入射光 120 の波長を λ_{AP} と λ_P との間で変調する。変調する波長範囲は λ_{AP} と λ_P との間において、1 nm 程度のごくわずかの波長でもよい。このとき、図 8 から明らかなように、磁化が反平行の場合のトンネル電流の増減方向は、磁化が平行の場合の増減方向と比べて逆になるため、変調周波数におけるトンネル電流の増減方向を検出することにより、高い S/N 比で記録磁化方向を検出することが可能である。

【実施例 2】

【0038】

図 10 は、本発明による磁化情報記録再生装置の他の例を示す概念図である。図 10 と図 1 とを対比すると分かるように、本実施例の磁気記憶媒体 50 は、基板 100 上に形成された強磁性金属層 1、非磁性金属層 2、強磁性金属層 3、保護膜 4 よりなる多層膜 41 の他に、基板 100 と強磁性金属層 1 との間に反強磁性層 51 が形成されている点異なる。

【0039】

この実施例 2 においても、量子井戸電子の状態は実施例 1 の場合と同様であり、図 10 の右半分の部分に示すように、強磁性金属層 1 と強磁性金属層 3 の磁化の方向が互いに平行な場合は、その磁化と反平行な電子スピンを持つ電子の状態は、参照符号 8 で示すように、非磁性金属層 2 中にほぼ閉じ込められる。強磁性金属層 1、3 の磁化と同じ方向の電子スピンを持つ電子の状態は、参照符号 7 で示すように、多層膜 41 中の全体に閉じ込められる。一方、図 10 の左半分の部分に示すように、強磁性金属層 1 と強磁性金属層 3 の磁化の方向が反平行な場合は、電子の状態はそのスピンの向きに依存して参照符号 9 で示すように、膜 1～2 中に閉じ込められ、あるいは、参照符号 10 で示すように、膜 2～3 中に閉じ込められる。

【0040】

実施例 2 においては、反強磁性層 51 が形成されているので、強磁性金属層 1 の磁化方

向が固定される点において実施例 1 と異なるが、金属探針 5 による書き込み動作、及び読みとり動作は実施例 1 の場合と同じである。

【実施例 3】

【0041】

図 11 は、本発明による磁化情報記録再生装置の他の例を示す概念図である。この実施例 3 では、多層膜を構成する保護膜 4 及び強磁性層 3 が、各層の形成時にレジストパターンニング、イオンミリング、レジスト除去等の半導体製造に広く用いられているリソグラフィ技術により、ドット状にパターンニングされており、柱状のナノピラー 53, 54 が規則的に多数離間して形成されている。図 12 には、複数のナノピラー 53, 54 を有する媒体の鳥瞰図を示している。

【0042】

図 13 は、ナノピラーを有する媒体の他の構造例を示す図である。図 13 (a) は、保護膜 4、強磁性層 3、非磁性金属層 2、強磁性層 1 及び反強磁性層 51 も含めた多層膜構造をドット状にパターンニングしたナノピラーの例である。図 13 (b) は、反強磁性層 51 を共通とし、その上に形成した強磁性層 1、非磁性金属層 2、強磁性層 3、保護膜 4 の部分をパターンニングしてナノピラーとしたものである。図 13 (c) は、反強磁性層 51 及び強磁性層 1 を共通とし、その上に形成した非磁性金属層 2、強磁性層 3、保護膜 4 の部分をパターンニングしてナノピラーとしたものである。図 13 (d) は、多層膜を構成する保護膜 4 及び強磁性層 3 の部分をナノピラーとした例であるが、強磁性層 3 をドット状にパターンニングした後に保護膜 4 を形成することによって、保護膜 4 が強磁性層 3 の上面だけでなく側部も覆っている点で図 11 の構造と異なる。

【0043】

図 11 あるいは図 13 と図 10 とを対比して分かるように、実施例 3 は、媒体の個々の記憶単位となる領域がドット状にパターンニングされており、記憶領域対応の柱状のナノピラー 53, 54 が形成されている点において実施例 2 と異なる。ここで、ナノピラーとは、平面上の寸法が nm レベルの楕円や四角の柱、と言う意味である。実施例 3 の媒体においても、実施例 1 の媒体と同様、反強磁性層 51 を持たないものとしても良い。

【0044】

多層膜 41 中のフェルミ準位近傍の電子は、実施例 1 及び 2 で説明したと同様に、量子井戸状態を形成するが、実施例 3 では、これらがナノピラー 53, 54 中に閉じ込められる点において実施例 1 及び 2 とは異なる。形成した量子井戸状態がナノピラー 53, 54 中に閉じ込められるので、隣接した記憶領域の影響を受けにくくなり、媒体の記憶特性は向上する。

【0045】

ナノピラーは、現在の磁気記憶ディスクの記憶フォーマットに対応できるように、配列されて構成されるのが良い。また、各ピラー間は、図に示すように、間隙が残った形でも良いが、アルミナ等の絶縁体もしくは Si 等の半導体のように磁性を持たない材料により間隙が埋められていても良い。間隙が残った形では、記憶ビットの移動に応じて金属探針 5 がナノピラー間を渡るとき、金属探針 5 あるいはナノピラーを損傷する可能性がある。

【0046】

図 14 は、ナノピラーが位置 (x_1 , x_2) に作成されているとき、トンネル電流強度の空間分布を示したものである。ここで、入射光 120 の波長は、記録磁化が反平行の時にプラズモン共鳴増大が起きるように設定しているため、記録磁化が反平行の時 (x_2) が平行の時 (x_1) よりも増大している。 x_1 と x_2 との間の位置では、プラズモン共鳴が起きないことと、探針とナノピラーとの重なり合いが小さくなることによりプラズモン共鳴が小さくなるため、トンネル電流が小さくなる。このトンネル電流の位置依存性を用いて、記録位置のサーボ信号とすることが可能である。

【0047】

また、トンネル電流だけでなく、プラズモン共鳴による発光も図 14 と同様な位置依存性を示すため、発光強度をサーボ信号とすることも可能である。図 15 に示すように、記

録媒体をサーボ信号が書き込まれたサーボゾーン150とデータゾーン151に分け、例えば特許文献4に示すように、サーボゾーンにセクタ毎にわずかつトラック幅方向にずらしたパターンを予め形成し、このパターンからの信号再生強度がトラック幅方向への位置ずれに対して極大極小を持つことを利用して、トラック幅方向の位置ずれを検出することが可能である。

【実施例4】

【0048】

図16は、本発明による磁化情報記録再生装置の他の例を示す概念図である。図16と図10とを対比して分かるように、実施例2においては、基板100上に形成された強磁性金属層1、強磁性金属層3の磁化の方向が、膜の面内方向を向いているのに対し、実施例4では、磁性金属層1、強磁性金属層3の磁化の方向が膜の面に垂直方向を向いている点異なる。これは、磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3として、例えばCo/Pt/Co、Co/Pd/Co、Fe/Pt/Feのように、垂直磁気異方性を持つ材料を選択することにより可能である。

【0049】

また、保護膜4及び強磁性層3は、各層の形成時にレジストパターンング、イオンミリング、レジスト除去等の半導体製造に広く用いられているリソグラフィ技術により、図17(a)～(e)に示すように、ドット状にパターンングし、柱状のナノピラー53、54が規則的に多数離間して形成された構造としても良い。図17(a)は保護膜4、強磁性層3、非磁性金属層2、強磁性層1及び反強磁性層51も含めた多層膜構造をパターンングしたナノピラーの例である。図17(b)は、基板100上に形成した反強磁性層51を共通とし、その上に形成した強磁性層1、非磁性金属層2、強磁性層3、保護膜4の部分をパターンングしてナノピラーとしたものである。図17(c)は、反強磁性層51及び強磁性層1を共通とし、その上に形成した非磁性金属層2、強磁性層3、保護膜4の部分をパターンングしてナノピラーとしたものである。図17(d)は、多層膜を構成する保護膜4及び強磁性層3の部分をパターンングしてナノピラーとしたものである。図17(e)は、図17(d)と同様に多層膜を構成する保護膜4及び強磁性層3の部分をナノピラーとした例であるが、強磁性層3をドット状にパターンングした後に保護膜4を形成することによって、保護膜4が強磁性層3の上面だけでなく側部も覆っている点で図17(d)の構造と異なる。

【0050】

実施例4に示した媒体においても、実施例2の媒体と同様に、図16の右半分の部分に示すように、強磁性金属層1と強磁性金属層3の磁化の方向が互いに平行な場合は、その磁化と反平行な電子スピンを持つ電子の状態は、参照符号8で示すように、非磁性金属層2中にほぼ閉じ込められる。強磁性金属層1、3の磁化と同じ方向の電子スピンを持つ電子の状態は、参照符号7で示すように、多層膜41中の全体に閉じ込められる。一方、図16の左半分の部分に示すように、強磁性金属層1と強磁性金属層3の磁化の方向が反平行な場合は、電子の状態はそのスピンの向きに依存して参照符号9で示すように、膜1～2中に閉じ込められ、あるいは、参照符号10で示すように、膜2～3中に閉じ込められる。

【0051】

実施例4に示した媒体においては、強磁性金属層1の下に反強磁性層51が形成されているが、実施例1に示した媒体と同様になくてもよい。本実施例における金属探針5による書き込み動作、及び読みとり動作は実施例1と同じである。

【実施例5】

【0052】

図18は、本発明による磁気記録装置の構成例を示す概念図である。前述の各実施例で説明した多層膜41、例えば、基板100上に形成した反強磁性層51、強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3及び保護膜4から成る多層膜41を、円板状の記録媒体20とする。多層膜41に対向して設けられる金属探針5は、アーム23の先端部に設

けられたスライダ6の下部に取り付けられる。アーム23は回転支持軸24の回りに回転可能であり、アーム制御用モータ163により位置制御される。円板状の記録媒体20を、スピンドルモータ161により回転軸160を中心に回転させると、通常の磁気ディスク装置と同様、スライダ6は所定の距離だけ浮上する。したがって、金属探針5は多層膜41に対向して、実施例1から4で説明したように、ほぼ一定の距離をもって多層膜41に対向配置される。

【0053】

円板状記録媒体20の基板表面と、金属探針5との間にアーム23を介して電圧を付与することにより、実施例1から4で説明したように、多層膜41と金属探針との間に電界を加えれば、多層膜41に付与電圧に対応した磁化方向のドメインとして情報を記録させることができる。ここで、多層膜41、回転軸160、及び絶縁支持台162上に支持されているスピンドルモータ161は導電性がありかつ電氣的に接続されており、スピンドルモータ161もしくは回転軸160と接続された信号電流線170により電圧印加、電流検出を行うことができる。回転軸160部分から信号電流線170をとる場合は、スピンドルモータ161と回転軸160とは電氣的に絶縁されていてもよい。

【0054】

書き込みデータは、データ信号処理装置167から書き込み制御信号175として電圧印加装置164に出され、電圧印加装置164は探針電圧174を探針5と多層膜41との間に印加する。読み出し動作時は、実施例1で述べたように、書き込み用の印加電圧(E_0)よりも小さな読み出し用印加電圧 E を探針5と多層膜41との間に印加し、かつレーザ制御装置166からのレーザ制御信号173により半導体レーザ60から探針5に光照射する。金属探針5により円板状記録媒体20に書き込まれた磁化方向は、光入射によりプラズモン共鳴増大された金属探針5と円板状記録媒体20との間に流れるトンネル電流信号170を、電流増幅検出装置165によって読み取ることが可能である。これは、実施例1で述べたように、二つの強磁性層1及び3の相対的な磁化方向が平行か、反平行かによって、多層膜41内に生じる量子井戸状態が異なるため、そのプラズモン共鳴エネルギーが磁化方向の平行、反平行で異なるためである。読み取りデータ信号176は、データ信号処理装置167で信号処理され、必要に応じて入出力される。また、電流増幅検出装置/サーボ信号生成装置165は検出されたサーボパターンからサーボ信号171を生成し、アーム23のトラック位置を制御することが可能である。

【0055】

図19(a)に、金属探針5の先端に光入射可能なスライダ6を示す。半導体レーザ60から出射された光は、導波路61を通り、金属探針5の先端部に照射される。導波路61の端面62を適当な角度で切っておくと界面での屈折により光路が曲がるため、金属探針5の先端部に効率良く光を照射することが可能である。また、この端面62を適当な曲率を持たせることで、レンズ効果により金属探針5の先端部に効率良く光を照射してもよい。また、図19(b)に示すように、導波路61中にポッケルスセル64を挿入し、偏光変調を行なうことにより、S/N比を向上させることができる。また、実施例1で述べたように半導体レーザ60自体を例えば電流変調により波長変調することにより、S/N比を向上させることができる。偏光変調や波長変調する場合は、変調周波数を電流増幅検出装置165に参照信号172を入力することにより、S/N比を改善してトンネル電流信号170を検出することができる。

【0056】

トンネル電流を流すための手段及びこれを検出する手段については、例えば、図7に示す様に、探針5と多層膜41との間に電圧を印加し、これに応じて流れる電流を検出するものとすれば良い。

【0057】

このように、多層膜41に対して金属探針5の電位を記録すべき信号に対応して制御し、プラズモン共鳴増大によるトンネル電流により書き込まれた磁化方向を検出すれば、一般の磁気ディスク装置と同様の磁気記録装置が実現できる。なお、円板状記録媒体20を

構成する多層膜 41 として、前述の各実施例同様、反強磁性層 51 を持たないものとしても良いことは言うまでもない。

【0058】

図 20 に、本発明による磁気記録装置のスライダ部分の他の構造例を示す。

図 20 (a) に示したスライダは、読み取り用の金属探針 70 と書き込み用の金属探針 71 を、スライダ 6 の下部に取り付けた例である。円板状記録媒体 20 の基板側を導電性とし、金属探針 71 にアーム 23 を介して電圧を付与することにより、記録媒体の多層膜 41 に付与電圧に対応した磁化方向のドメインとして情報を記録させることができる。円板状記録媒体 20 の回転制御と、金属探針 71 の位置制御を、一般の磁気ディスク装置と同様に制御し、金属探針 71 の電位を記録すべき信号に対応して制御すれば、一般の磁気ディスク装置と同様の磁気記録装置が実現できる。

【0059】

一方、金属探針 71 により円板状記録媒体 20 に書き込んだ磁化方向は、光入射によりプラズモン共鳴増大させた、金属探針 70 と円板状記録媒体 20 との間に流れるトンネル電流によって読み取ることが可能である。半導体レーザー 60 から出射された光は、導波路 61 を通り、金属探針 70 の先端部に照射される。導波路 61 の端面 62 を適当な角度で切っておくと屈折により光路が曲がるため、金属探針 70 の先端部に効率良く光を照射することが可能である。また、この端面 62 を適当な曲率を持たせることで、レンズ効果により金属探針 70 の先端部に効率良く光を照射してもよい。また、実施例 5 で述べたように、導波路 61 中にポッケルスセルを挿入し、偏光変調を行なうことにより、S/N 比を向上させることができる。また、半導体レーザー 60 自体を例えば電流変調により波長変調することにより、S/N 比を向上させることができる。

【0060】

図 20 (b) に示したスライダは、これまでの金属探針 5 の代わりに、金属膜の尖鋭パターン 72 を金属探針として用いたものである。73 はこの尖鋭パターン金属膜 72 を垂直方向から見た図であり、頂角の大きさは 5 ~ 10 度程度である。尖鋭パターン部分は、レジストパターニング、イオンミリング、レジスト除去等の半導体製造に広く用いられているリソグラフィ技術により先端が尖った逆三角形の金属膜パターンを絶縁基板上に形成したのち、スライダ 6 に接着してもよい。パターン先端の大きさは 100 nm 程度であるが、さらに小さいことが好ましい。また、パターン先端の頂角の大きさもさらに小さい方が好ましい。この尖鋭パターン部分 72 は、30 nm 程度の膜厚の Au で作成することができるが、5 ~ 100 nm 程度の膜厚を持つ Au, Pt や W などの金属やカーボンナノチューブを用いてもよい。

【0061】

図 20 (c) は、読み取り用の尖鋭金属パターン 74 と書き込み用の尖鋭金属パターン 75 を別々に、スライダ 6 の下部に取り付けた例である。書き込み動作、読みとり動作は他の例と同様である。

【0062】

図 21 は、本発明による磁気記録装置の他の構成例を示す概略図である。図 21 (a) に示すように、金属探針 5 はアーム 23 の先端部に設けられたスライダ 6 の下部に取り付けられる。一方、半導体レーザー 81 は、アーム 80 に保持され、円板状記録媒体 20 を挟んで金属探針 5 とは反対側に設けられている。半導体レーザー 81 から出射された光 82 は、円板状記録媒体 20 を通して、金属探針 5 の先端部に向けて照射される。

【0063】

図 21 (b) に示すように、円板状記録媒体 20 の裏面 83 は、水平面に対し適当な角度をもって削られている。このため、半導体レーザー 81 から出射された光 82 は、金属探針 5 の直下に位置する多層膜 41 表面にプラズモンを励起することが可能である。金属探針 5 により円板状記録媒体 20 に書き込まれた磁化の情報は、プラズモン共鳴により増大した、金属探針 5 と円板状記録媒体 20 との間に流れるトンネル電流によって読み取ることが可能である。図 21 (c) は、円板状記録媒体 20 の裏面図である。円板状記録媒体

20の裏面はアーム23及び80の動きにあわせて、水平面に対し適当な角度をもって放射状に削られているため、円板状記録媒体20のすべての点において、水平面に対して一定の角度で半導体レーザ81からの光82を入射させることが可能である。

【0064】

図22は、本発明による磁気記録装置の他の構成例を示す概略図である。図22(a)に示した円板状記録媒体20は、図11から図13に示したように多数のナノピラーを有し、これらナノピラーが記録媒体の記憶単位を構成する。図22には、円板状記録媒体20の一部領域26を拡大した領域27に、ナノピラー28が回転中心21の周りに同心円上に配置されている状態を模式的に示す。アーム23の先端に取り付けられたスライダ6による揚力で金属探針5は円板状記録媒体20と一定の間隔を維持し、金属探針5は所望の位置のナノピラー28に磁化を書き込む。一方、金属探針5によりナノピラー28に書き込んだ磁化は、光入射によるプラズモン共鳴増大による金属探針5とナノピラー28との間に流れるトンネル電流の変化により読み取る。

【0065】

図22(b)は、トラック位置153に対してわずかずつずれたサーボ用ナノピラーパターン152におけるサーボ信号強度のトラック位置依存性を示している。サーボ信号は光入射によるプラズモン共鳴増大による金属探針5とナノピラー28との間に流れるトンネル電流を用いることができるが、光入射によるプラズモン共鳴増大による金属探針5とナノピラー28との間の発光強度を用いることもできる。このようなサーボ信号強度のトラック位置依存性を用いて、トラック位置制御をすることが可能である。

【0066】

図23は、本発明による磁気記録装置の他の構成例を示す概略図である。図23(a)に示す磁気記録装置は、実施例1で述べた反強磁性層51、強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3及び保護膜4から成る多層膜41を用いた記録媒体40と、STM(走査トンネル顕微鏡)装置やAFM(原子間力顕微鏡)装置で一般に採用されているトンネル電流もしくは光てこ方式を用いたフィードバック制御により金属探針5の位置制御機構を備える。記録媒体40はナノピラーから成る記憶単位から構成されていてもよい。また、反強磁性層51を持たなくても良い。

【0067】

記録媒体40は固定されており、記録媒体40の多層膜41を形成した面には基板31が対向して設けられている。基板31には板バネ90がX、Y方向にそれぞれ複数個設けられている。図23(b)に示すように、それぞれの板バネ90の先端部には金属探針5が設けられており、導波路92により、半導体レーザ91からの光が金属探針5先端に入射することができるようになっている。基板31は、駆動機構35により記録媒体40の平面(X-Y方向)内及びその垂直(Z)方向に移動することができる。基板31を記録媒体40に対して相対的に移動する範囲は、最大、X方向、Y方向の金属探針5が、隣の金属探針5がデータの書き込みあるいは読み出しをする記憶領域93の前までである。図23(c)は、一個の金属探針が走査する記憶領域93を1つの升目によって示している。このように記録媒体40の記録領域を分割し、複数の金属探針がそれぞれの記録領域を分担することによって記録媒体への記録・再生を行う。入力信号がシリアル信号の場合には、既存のシリアル・パラレル変換回路によってシリアル信号をパラレル信号に変換し、複数の金属探針によって同時に書き込みを行う。複数の金属探針が再生した信号はパラレル・シリアル変換器によってシリアル信号に変換されて、後段の信号処理回路に伝達される。金属探針5と記録媒体40の多層膜41との間の距離の制御については、例えば、特許文献2の実施例VI、VIIに例示されるように、光てこ式のAFMに用いられる機構を利用することができる。

【0068】

記憶媒体40と選択された所望の金属探針5との間に電界を記録すべき信号に応じて選択的に印加することにより、記憶媒体40に、記録信号に応じた方向の磁化を書き込むことができる。記憶媒体40に書き込まれた磁化の方向は、半導体レーザ91と導波路92

により金属探針5の先端に出射された光によりプラズモン共鳴増大を起こしたトンネル電流より読み取ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】本発明による磁化情報記録再生装置の一例を示す概念図。

【図2】多層膜中の量子井戸準位のエネルギー変化に伴う誘電関数の実部とプラズモンエネルギーの変化の計算例を示す図。

【図3】入射光をオンオフさせたとき、金属探針と多層膜との間に流れるトンネル電流の変化を示す図。

【図4】記録された磁化の平行、反平行に伴うトンネル電流の変化を示す図。

【図5】入射光の偏光を制御する偏光板を備えた装置の構成例を示す図。

【図6】記録された磁化の平行、反平行に伴うトンネル電流の変化を、入射光の偏光度の関数として示す図。

【図7】入射光の偏光を変調するポッケルスセルを備える装置の構成例を示す図。

【図8】記録された磁化の平行、反平行に伴うトンネル電流の変化を、入射光の波長の関数として示す図。

【図9】入射光の波長を変調する機構を備える装置の構成例を示す図。

【図10】本発明による磁化情報記録再生装置の他の例を示す概念図。

【図11】本発明による磁化情報記録再生装置の他の例を示す概念図。

【図12】複数のナノピラーを有する媒体の鳥瞰図。

【図13】ナノピラーを有する媒体の他の構造例を示す図。

【図14】トンネル電流の大きさをナノピラー位置の関数として示した図。

【図15】回転記録媒体のサーボパターンの例を示す図。

【図16】本発明による磁化情報記録再生装置の他の例を示す概念図。

【図17】複数のナノピラーを有する媒体の鳥瞰図。

【図18】本発明による磁気記録装置の構成例を示す概念図。

【図19】金属探針の先端に光入射可能なスライダの構成例を示す図。

【図20】本発明による磁気記録装置のスライダ部分の他の構造例を示す図。

【図21】本発明による磁気記録装置の他の構成例を示す概略図。

【図22】本発明による磁気記録装置の他の構成例を示す概略図。

【図23】本発明による磁気記録装置の他の構成例を示す概略図。

【符号の説明】

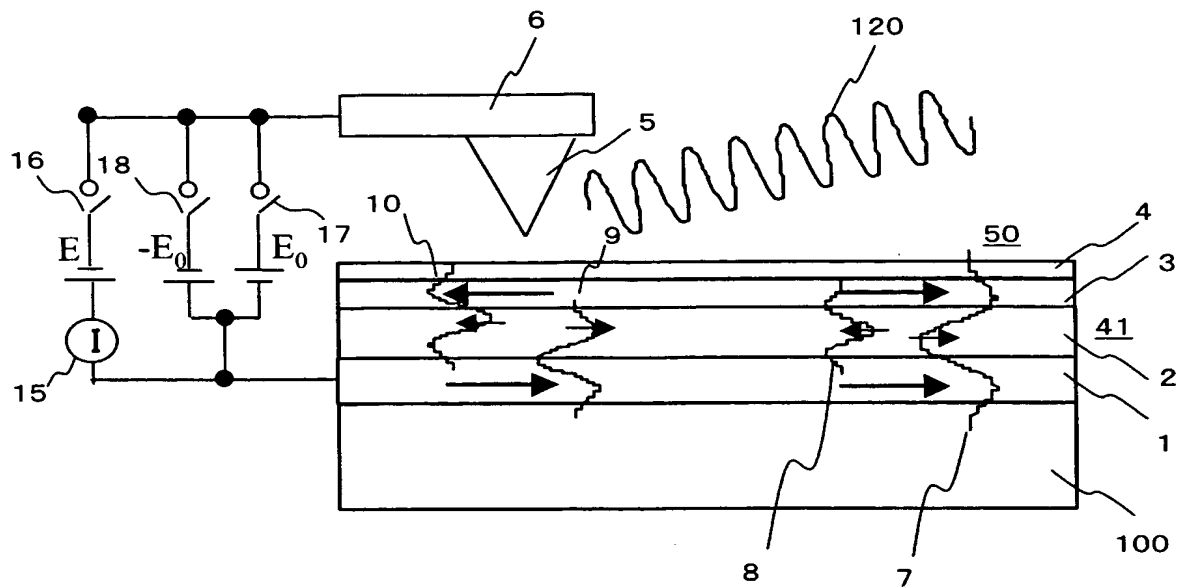
【0070】

1…強磁性金属層、2…非磁性金属層、3…強磁性金属層、4…保護膜、5…金属探針、6…スライダ、15…電流計、16, 17, 18…スイッチ、19…偏光板、20…円板状記録媒体、21…媒体回転軸、23…アーム、24…アーム回転軸、28…ナノピラー、30…記憶媒体、31…探針基板、35…可動機構、40…記憶媒体、41…多層膜、50…磁気記憶媒体、53, 54…柱状のナノピラー、60…半導体レーザ、61…導波路、62…導波路端面、64…ポッケルスセル、70…読み出し用金属探針、71…書き込み用金属探針、72, 73…尖鋭金属パターン、74…読み出し用尖鋭金属パターン、75…書き込み用尖鋭金属パターン、80…アーム、81…半導体レーザ、82…入射光、90…板バネ、91…半導体レーザ、92…導波路、93…記憶領域、100…基板、120…入射光、122…光検出器、130…ポッケルスセル、132…交流電源、135…ロックインアンプ、140…波長変調レーザ、141…変調電流源、150…サーボゾーン、151…データゾーン、152…サーボ用ナノピラー、153…トラック位置、160…回転軸、161…スピンドルモータ、162…絶縁支持台、163…アーム制御用モータ、164…電圧印加装置、165…電流増幅検出／サーボ信号生成装置、166…レーザ制御装置、167…データ信号処理装置

【書類名】 図面

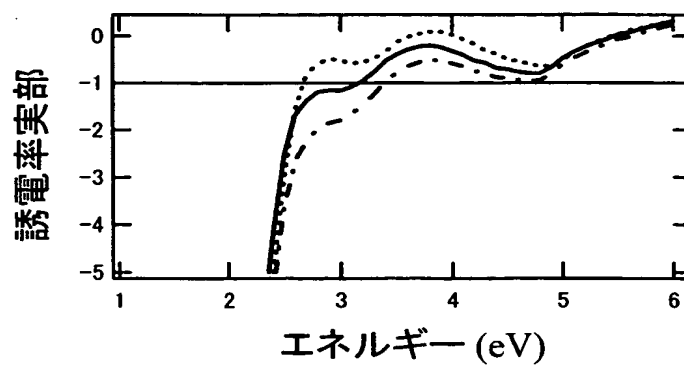
【図 1】

図 1



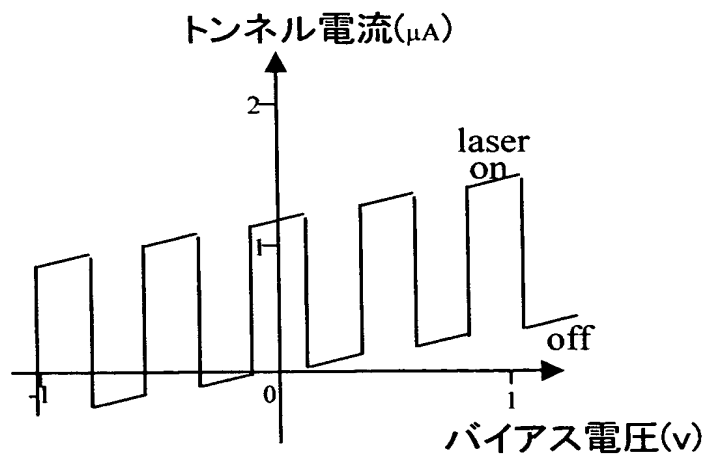
【図 2】

図 2



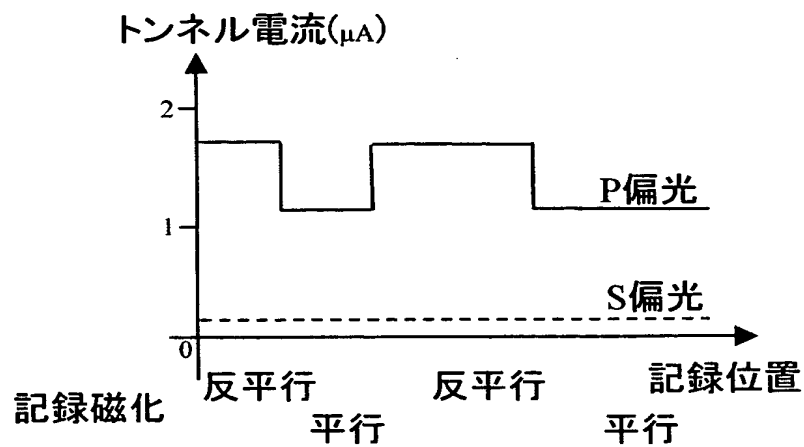
【図 3】

図3

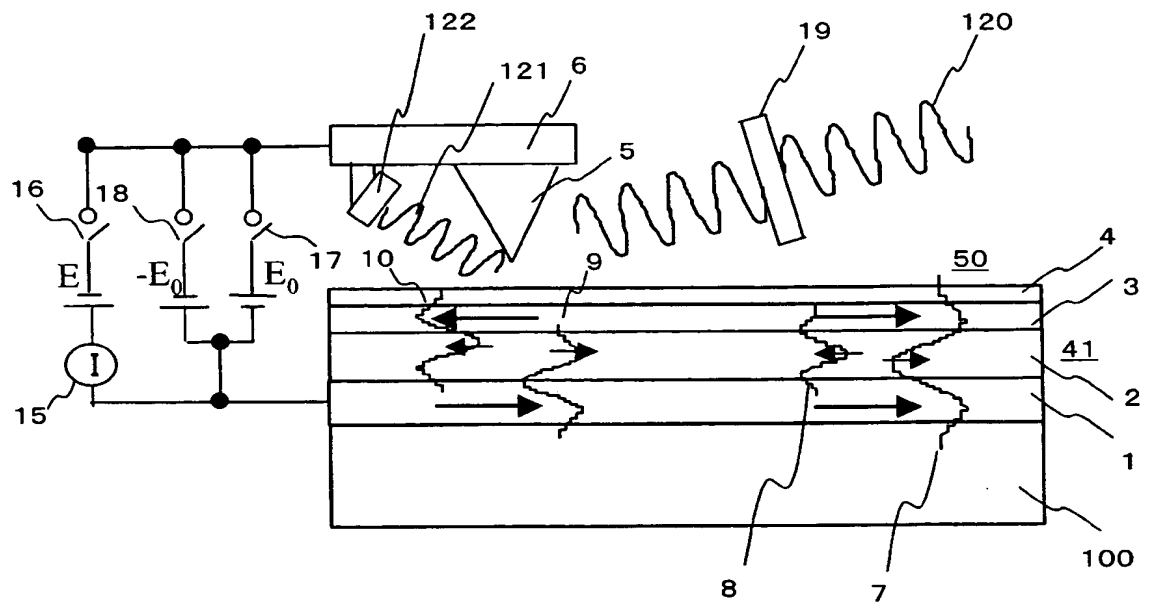


【図 4】

図4

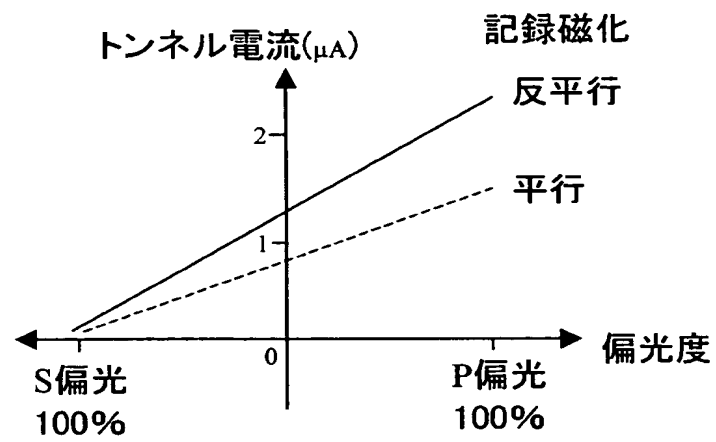


【図 5】



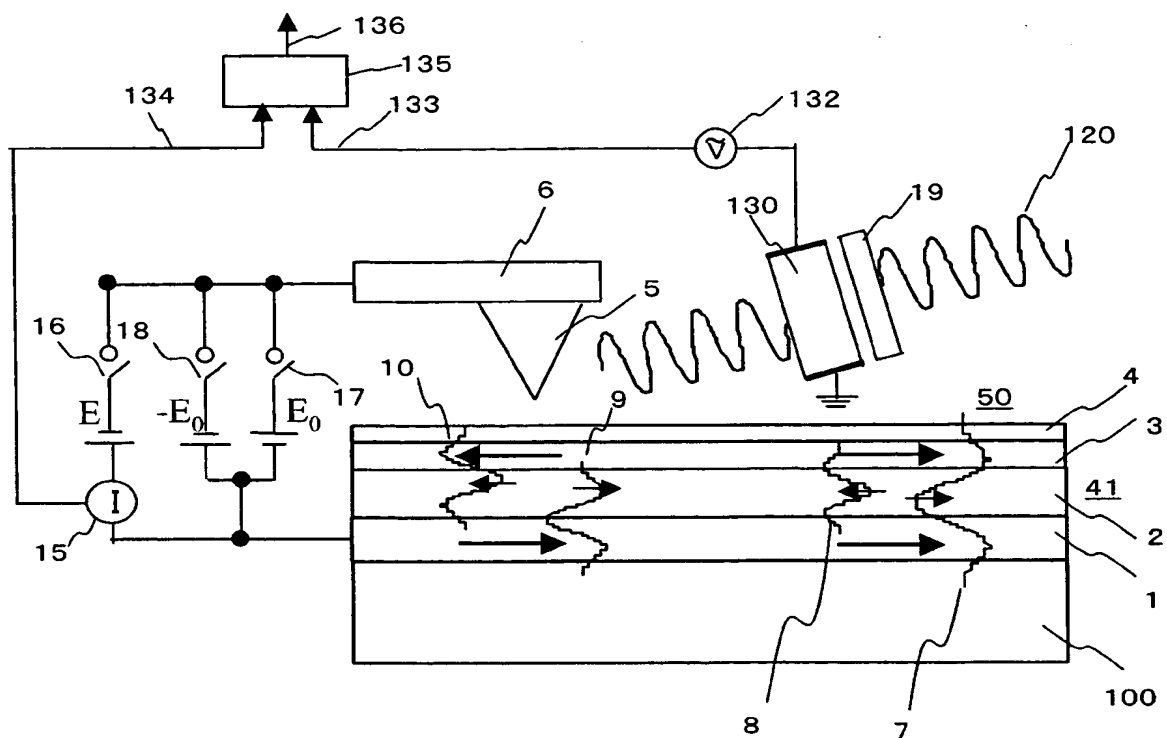
【図 6】

图6



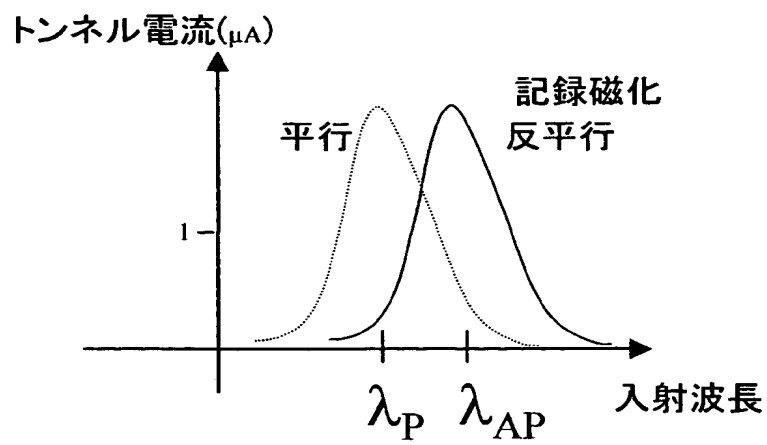
【図 7】

図 7



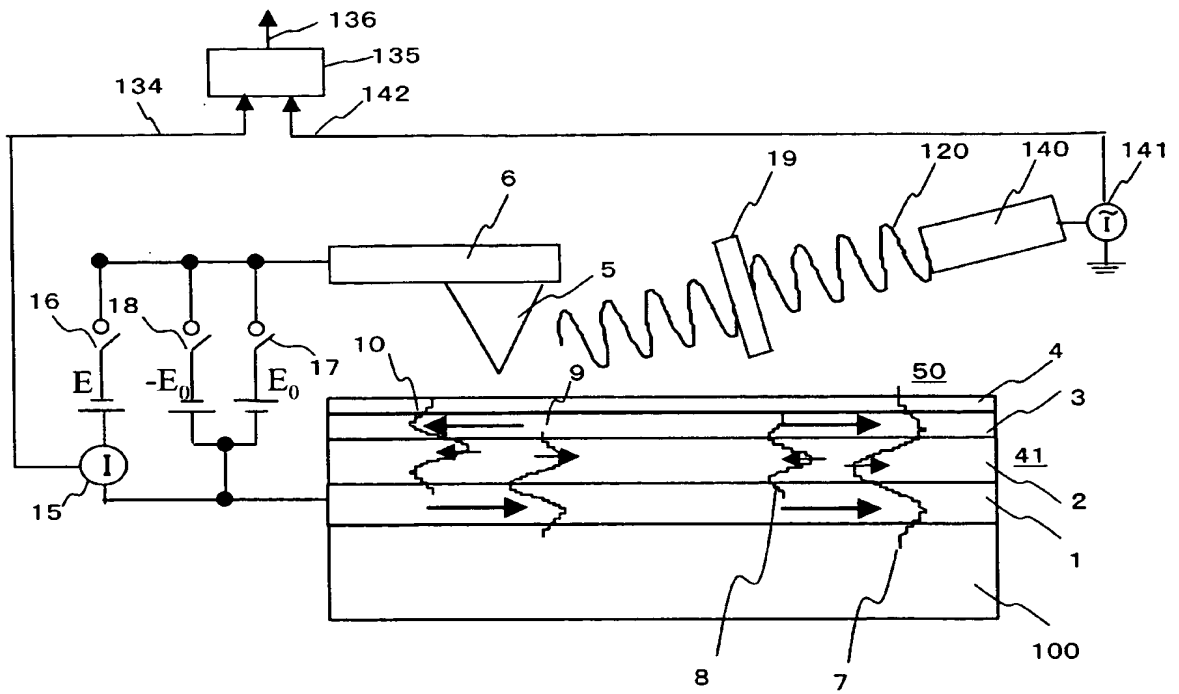
【図 8】

図 8



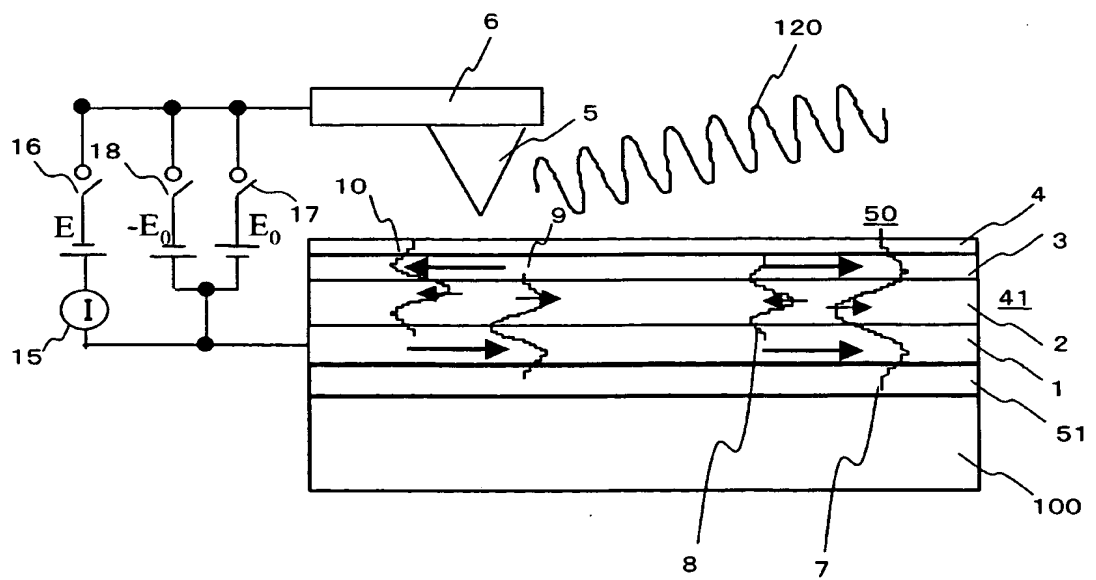
【図 9】

図9



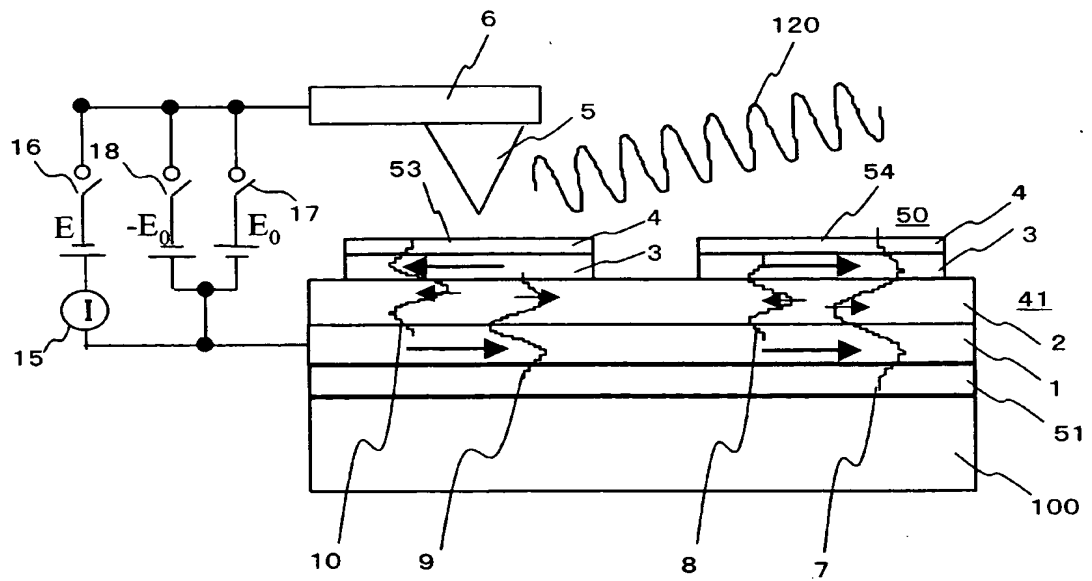
【図 10】

図10



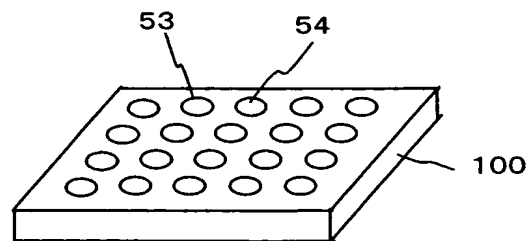
【図 11】

図 11



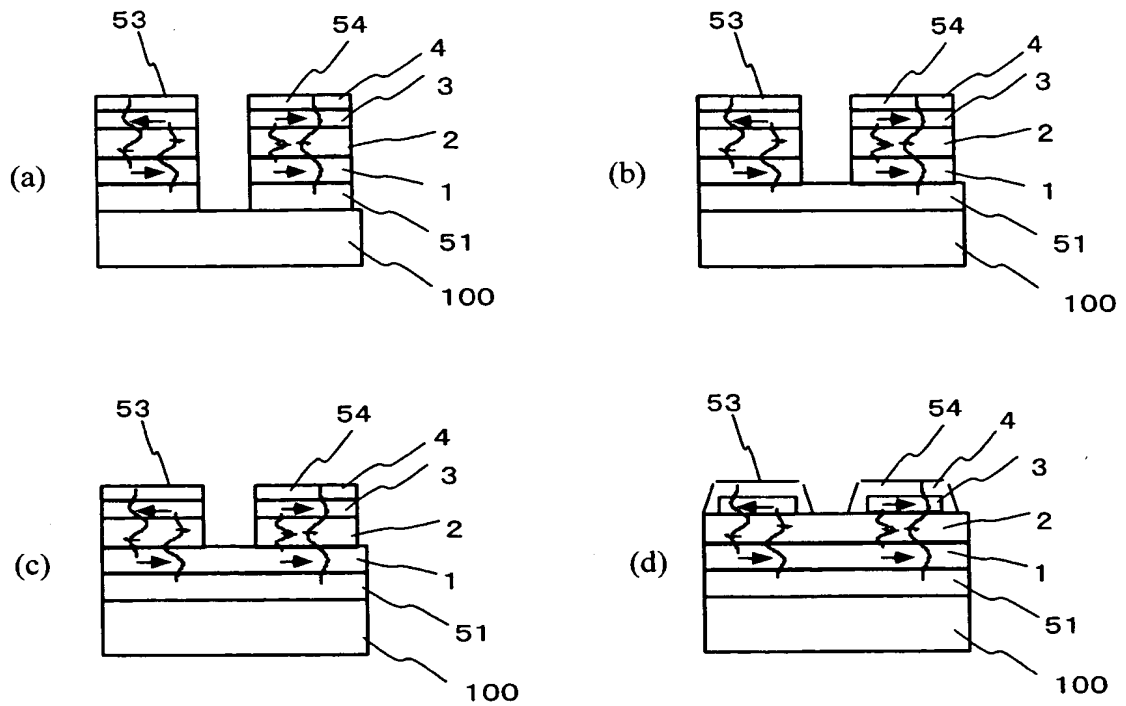
【図 12】

図 12



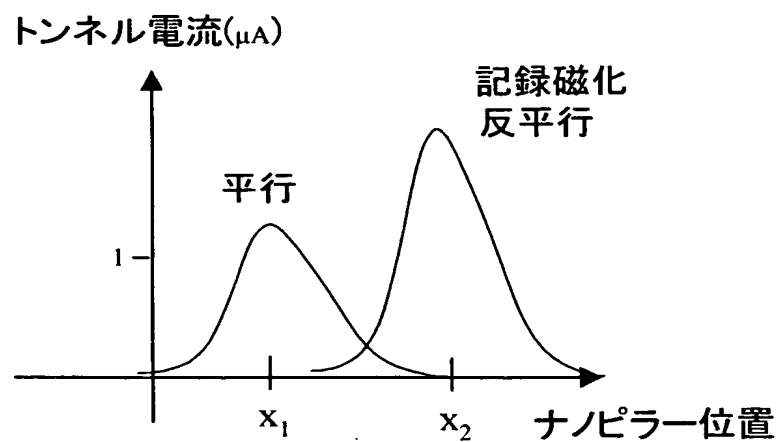
【図 13】

図 13



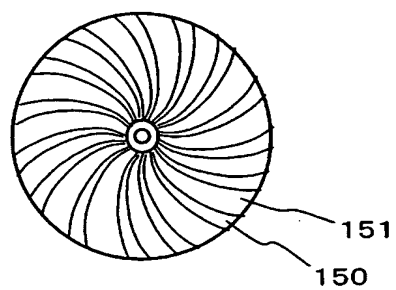
【図 14】

図 14



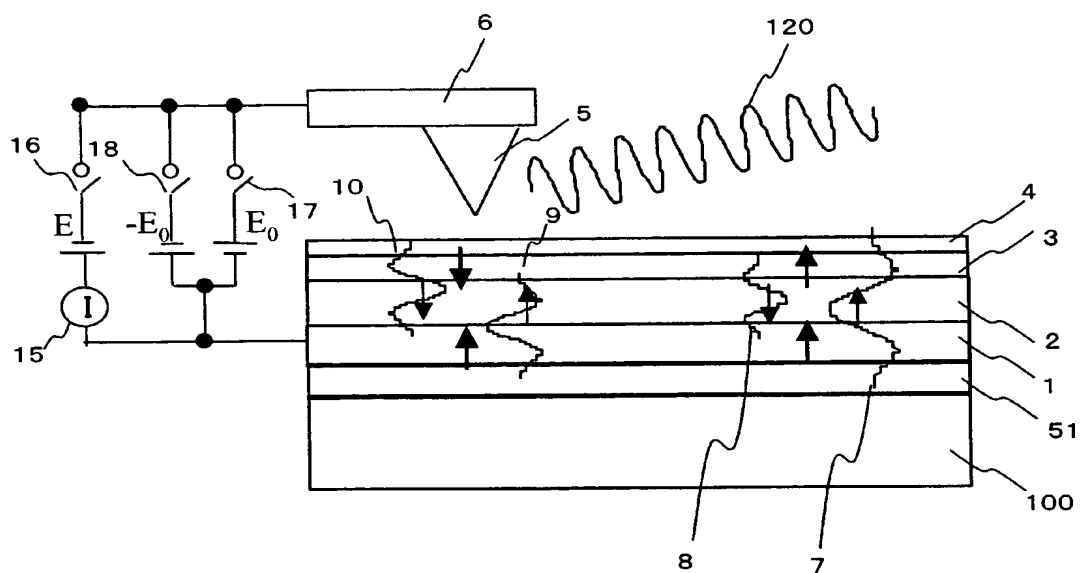
【図 15】

图15



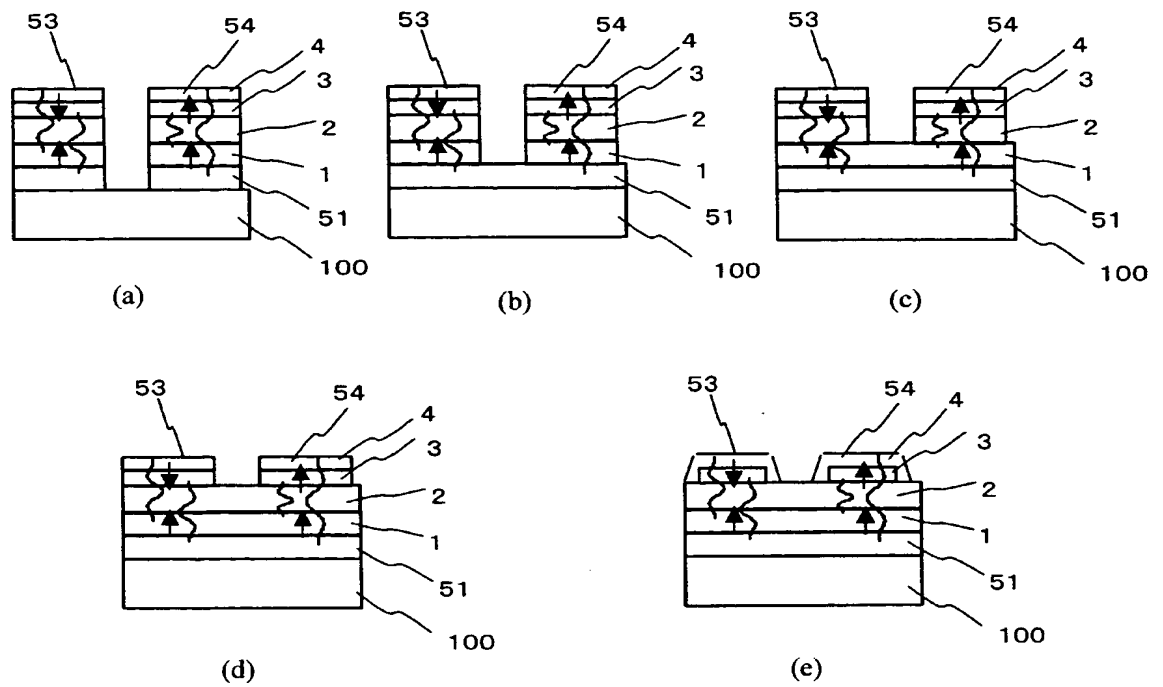
【図 16】

图 16



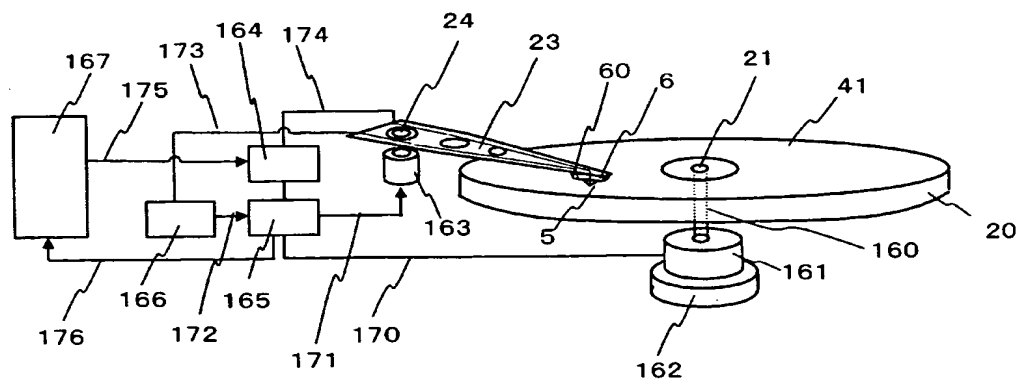
【図 17】

図 17



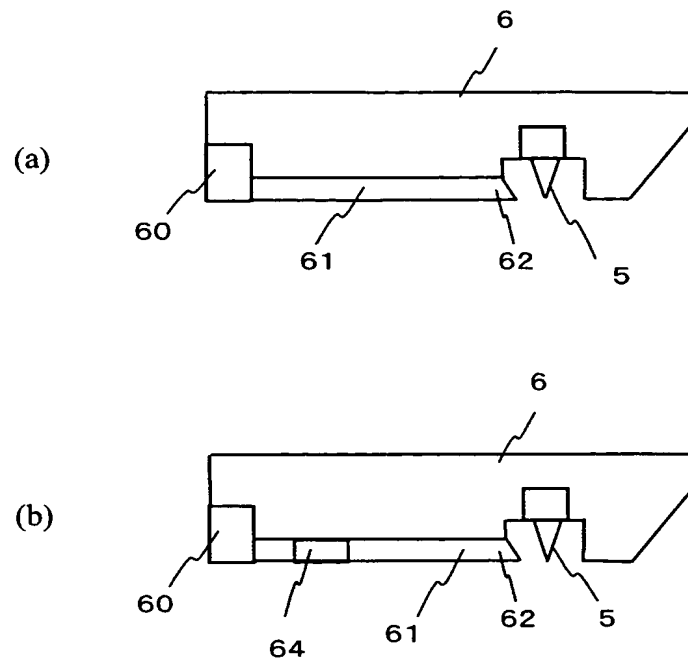
【図 18】

図 18



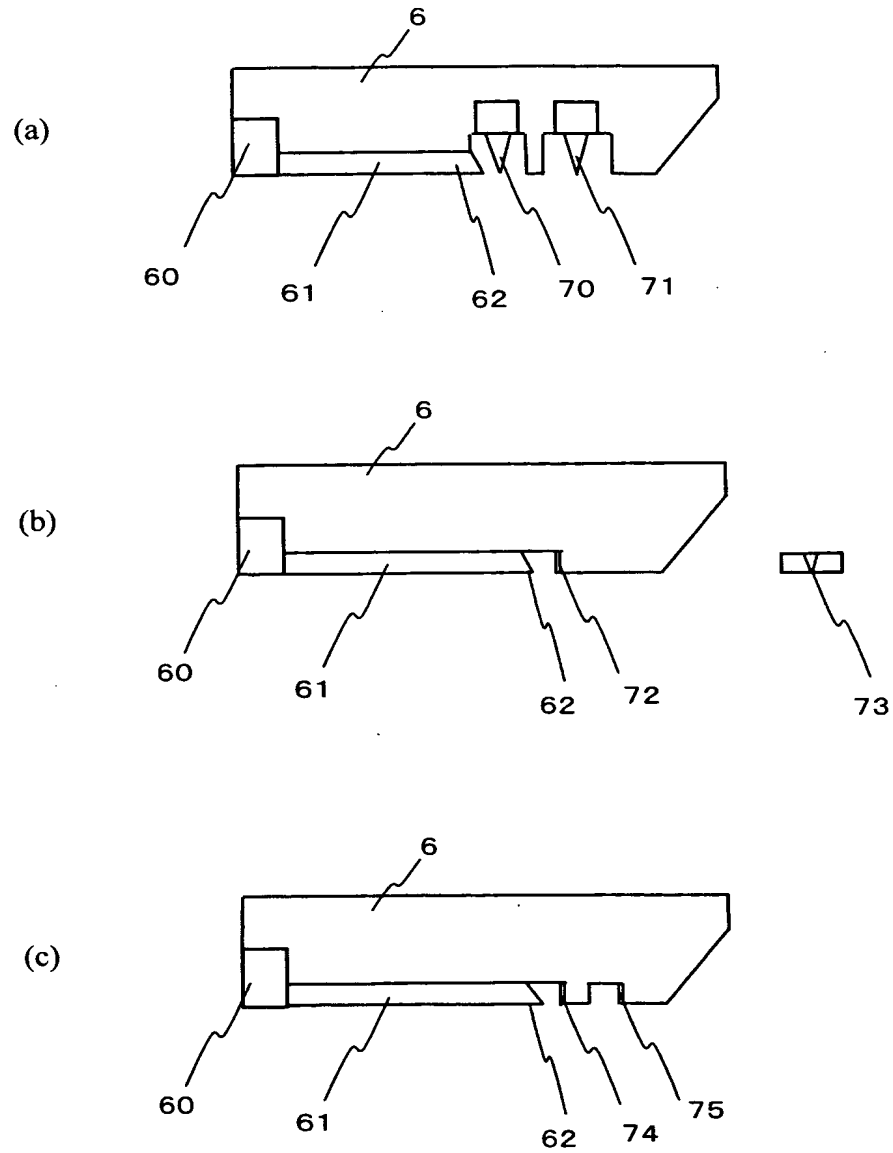
【図 19】

図 19



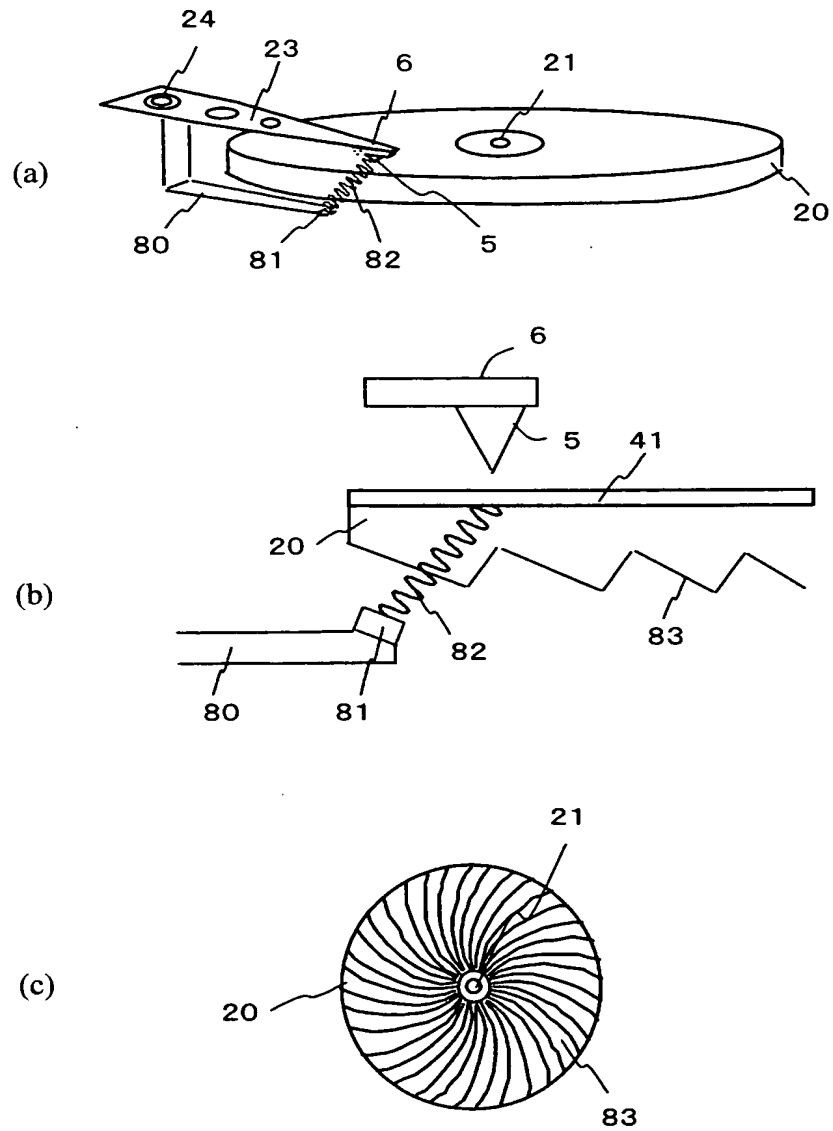
【図 20】

図20



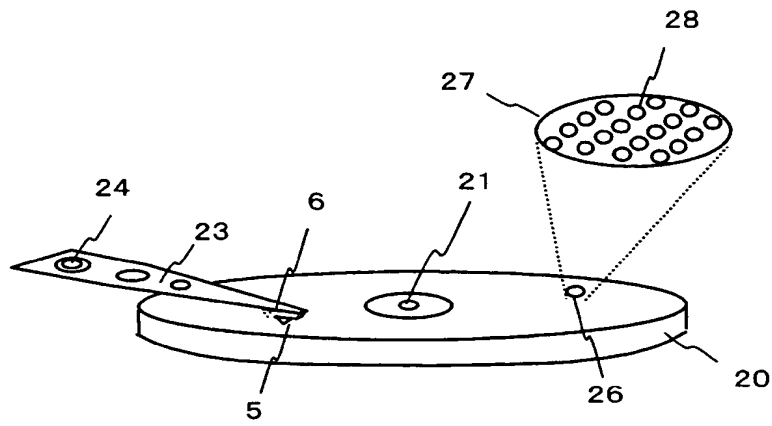
【図 21】

図21

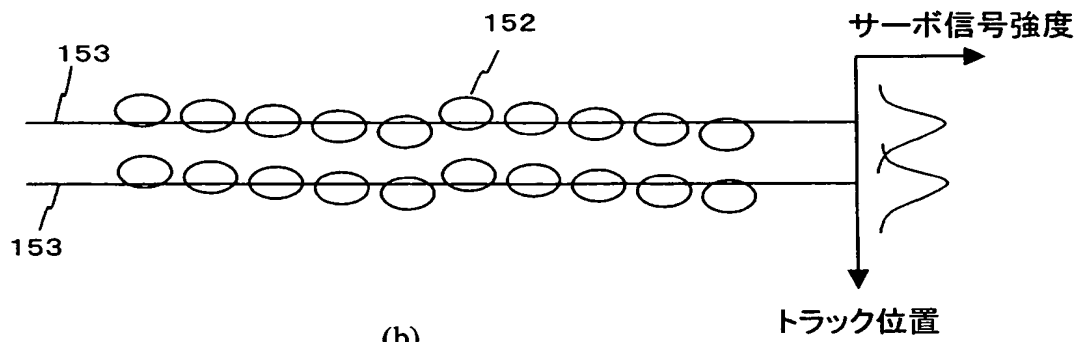


【図 22】

図22



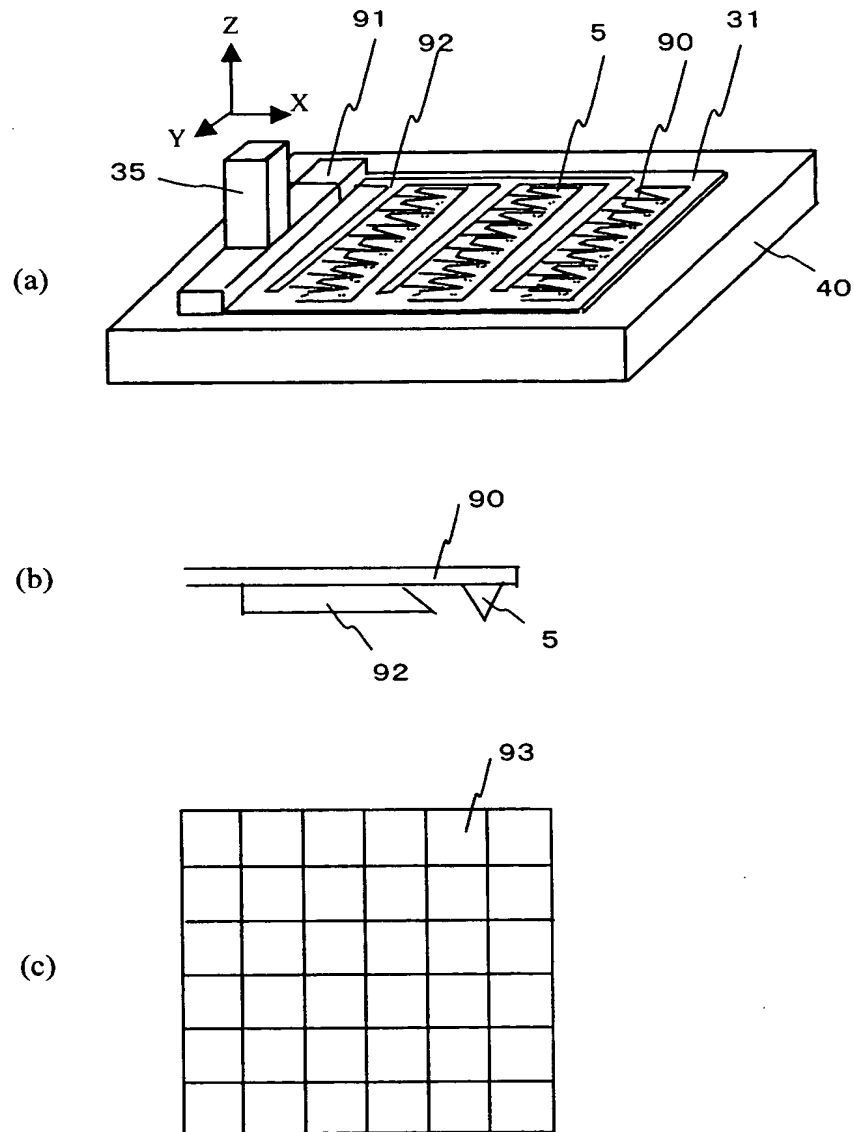
(a)



(b)

【図 23】

図23



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 ハードディスクの高密度での書き込み、読み出しの困難な磁界に代えて、金属探針により書き込み、高速の読み取りを可能とした情報記憶装置を提供すること。

【解決手段】 磁性金属層／非磁性金属／磁性金属層を含む多層薄膜表面に金属探針をナノメートルオーダーの距離に近付ける。金属探針と多層膜表面との間の距離、印加電圧を変化させることにより、多層膜中に生じる量子井戸状態を変化させ、磁性金属層間の相対的な磁化を変化させる。磁化情報の読み取りには、磁性金属層間の相対的な磁化方向の変化によるプラズモン共鳴エネルギーの変化に伴う、金属探針と多層膜との間に流れる光誘起トンネル電流の変化を利用する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 3 8 5 3 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所